



ISSN: 2447-3359

REVISTA DE GEOCIÊNCIAS DO NORDESTE

*Northeast Geosciences Journal*

v. 12, nº 1 (2026)

<https://doi.org/10.21680/2447-3359.2026v12n1ID32868>



## **Devoniano da Bacia do Amazonas: geoquímica orgânica e palinofácies de estratos aflorantes da Formação Barreirinha - potencial para geração de hidrocarbonetos.**

### ***Devonian strata of the Amazonas Basin: Organic geochemistry and palynofacies of outcrops of the Barreirinha Formation's shales - Potential for generation of hydrocarbons***

**Vitória Costa Meirelles Góes<sup>1</sup>; Alexandre Barreto Costa<sup>2</sup>; Ayana Souza da Silva<sup>3</sup>; Flávia Lima e Cima Miranda<sup>4</sup>; Consuelo Lima Navarro de Andrade<sup>5</sup>; Rodolfo Dino<sup>6</sup>; Luzia Antonioli<sup>7</sup>; Karina Santos Garcia<sup>8</sup>; Antônio Fernando de Souza Queiroz<sup>9</sup>.**

<sup>1</sup> Universidade Federal da Bahia, Instituto de Geociências, Salvador/BA, Brasil. Email: [vitoriastameirelles@gmail.com](mailto:vitoriastameirelles@gmail.com)  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6932-2583>

<sup>2</sup> Universidade Federal da Bahia, Instituto de Geociências, Salvador/BA, Brasil. Email: [albarcos@gmail.com](mailto:albarcos@gmail.com)  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3406-8444>

<sup>3</sup> Universidade Federal da Bahia, Instituto de Geociências, Salvador/BA, Brasil. Email: [ayanatrindade@gmail.com](mailto:ayanatrindade@gmail.com)  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2410-3701>

<sup>4</sup> Universidade Federal da Bahia, Instituto de Geociências, Salvador/BA, Brasil. Email: [cimaflavia@gmail.com](mailto:cimaflavia@gmail.com)  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8312-2243>

<sup>5</sup> Universidade Estadual de Feira de Santana, Departamento de Ciências Exatas, Feira de Santana/BA, Brasil. Email: [consul\\_navarro@hotmail.com](mailto:consul_navarro@hotmail.com)  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1995-8887>

<sup>6</sup> Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Geologia, Rio de Janeiro/RJ, Brasil. Email: [dinouerj@gmail.com](mailto:dinouerj@gmail.com)  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5310-4685>

<sup>7</sup> Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Geologia, Rio de Janeiro/RJ, Brasil. Email: [luantonoli7@gmail.com](mailto:luantonoli7@gmail.com)  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7846-6324>

<sup>8</sup> Universidade Federal da Bahia, Instituto de Geociências, Salvador/BA, Brasil. Email: [karina.ksg4@gmail.com](mailto:karina.ksg4@gmail.com)  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3575-311X>

<sup>9</sup> Universidade Federal da Bahia, Instituto de Geociências, Salvador/BA, Brasil. Email: [queiroz@ufba.br](mailto:queiroz@ufba.br)  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3473-4462>

**Resumo:** Durante o Devoniano Superior, um espesso pacote de folhelhos ricos em matéria orgânica pertencentes à Formação Barreirinha, desenvolveu-se na Bacia do Amazonas. Vinte e seis amostras coletadas em dois afloramentos de folhelhos da borda sul da bacia, foram estudadas por meio da pirólise Rock-Eval e palinofácies, e interpretados com o auxílio da estatística inferencial e multivariada. Os valores de carbono orgânico total (COT) variam de 1,47 a 9,50 %, indicando boa a excelente condição de preservação da matéria orgânica. Os valores de potencial de geração (S2) variam de 3,92 a 33,98 mg HC/ g rocha, denotando potencial gerador entre moderado a excelente. As amostras apresentam altos valores de índice de hidrogênio (IH) e baixos valores de índice de oxigênio (IO), indicando querogênio predominantemente do tipo II. Os baixos valores de hidrocarbonetos livres (S1) e de Temperatura Máxima da Pirólise (<440°C) podem indicar imaturidade termal. A análise de componentes orgânicos mostra predominância de matéria orgânica amorfa (MOA) e palinomorfos; e uma predominância de componentes marinhos sob terrestres, indicando deposição em ambiente marinho. A análise de cluster estabeleceu duas palinofácies correlacionadas a intervalos estratigráficos associados a variação do nível do mar. Os diagramas ternários de componentes orgânicos inferem que o paleoambiente deposicional era uma plataforma distal com variação óxico-anóxica.

**Palavras-chave:** Geoquímica orgânica; Palinofácies; Formação Barreirinha.

**Abstract:** During the Upper Devonian, a thick package of organic matter-rich shales belonging to the Barreirinha Formation developed in the Amazon Basin. Twenty-six samples collected from two shales outcrops on the southern edge of the basin were studied using Rock-Eval pyrolysis and palynofacies, and interpreted using inferential and multivariate statistics. The total organic carbon (TOC) values vary from 1.47 to 9.50%, indicating good to excellent production conditions of organic matter. The generating potential (S<sub>2</sub>) values range from 3.92 to 33.98 mg HC/g rock, denoting a generating potential that falls between moderate to excellent. These samples present high hydrogen index (HI) and low oxygen index (OI) values, indicating predominantly type II kerogen. The low free hydrocarbon values (S<sub>1</sub>) and the maximum pyrolysis temperature (<440 °C) may be associated with their thermal immaturity. The organic component analysis shows a predominance of amorphous organic matter (AOM) and palynomorphs and marine components predominate over terrestrial components, indicating deposition within a marine environment. Cluster analysis established two palynofacies correlated to stratigraphic intervals associated with sea-level variability. The ternary diagrams of organic components indicate that the depositional paleoenvironment was that of a distal platform that varied between oxic and anoxic conditions.

**Keywords:** Organic Geochemistry; palynofacies; Barreirinha Formation.

Recebido: 17/06/2023; Aceito: 26/03/2026; Publicado: 09/06/2026.

## 1. Introdução

Desde a década de 1950, os estudos sistemáticos sobre a geoquímica orgânica dos estratos devonianos da Bacia do Amazonas têm estado intimamente ligados às pesquisas realizadas pela Petrobras. Pesquisas anteriores que fornecem dados sobre palinologia, geoquímica orgânica (maturação térmica, potencial gerador) e paleoambiente deposicional demonstram que a Formação Barreirinha é o local na Bacia do Amazonas com folhelhos radioativos concentrados e que essa formação contém a camada mais favorável para a geração de hidrocarbonetos (Garcia, 2014; Calderón, 2017; Góes et al., 2021; Souza et al., 2021; Góes et al., 2022). Caracterizada por sua grande espessura, a Formação Barreirinha contém carbono orgânico abundante e altamente maduro. Este depósito é resultado de uma grande transgressão marinha ocorrida no final do Devoniano (Frasniano e Famenniano), devido às oscilações do nível do mar epicontinental que se desenvolveram no Brasil durante esse período (Dino et al., 2002; Souza et al., 2013; Sedat et al., 2016; Kabanov e Jiang, 2020).

Este trabalho incorpora resultados de análises estatística inferencial e multivariada e geoquímica orgânica para determinar o tipo de querogênio, analisar as palinofácies, as condições paleodeposicionais, a maturidade térmica e o potencial de geração de hidrocarbonetos dos folhelhos negros da Formação Barreirinha, depositados ao longo de dois afloramentos localizados próximos a cidade de Rurópolis – Pará – Brasil.

### 1.1 Geologia Regional

A morfologia atual da Bacia do Amazonas deve-se à heterogeneidade da litologia de seu embasamento, relacionada a eventos tectônico-sedimentares do Paleozóico. A Bacia do Amazonas (Figura 1) está localizada no norte do Brasil, entre os arcos estruturais do Purus e do Gurupá, abrangendo parte dos estados do Pará, Amazonas, Amapá e Roraima. Trata-se de uma bacia sinclinal com área de aproximadamente 600.000 km<sup>2</sup> (Cunha et al., 2007; Caputo e Soares, 2016). Essa bacia faz parte do grupo de bacias intracratônicas brasileiras, desenvolvidas durante a fase de estabilização da Plataforma Sul-Americana. Apresenta um pacote sedimentar considerável, com cerca de 5.000 m de espessura, depositado do Paleozóico ao Cenozóico (Loboziak et al., 1997; Cunha et al., 2007; Ferreira et al., 2015; Caputo e Soares, 2016) (Figura 2).

Dividido em duas megassequências, o primeiro pacote sedimentar da Bacia do Amazonas data da era paleozóica e o segundo pacote é das eras mesozóica e cenozóica (Cunha et al., 2007). Quatro sequências relacionadas às suas idades de deposição e empilhamento estratigráfico separaram a megassequência paleozóica (Figura 2) nas sequências ordoviciano-devoniana, devoniano-tournaisiana, neovisiana e pensilvânica-permiana.

Os Grupos Curuá e Urupadi pertencem à Sequência Devoniana-Tournaisiana e caracterizam-se por uma sedimentação marinha de baixa profundidade sobreposta por incursões glaciais. Devido à sua heterogeneidade, o Grupo Curuá é dividido nas seguintes formações: (I) Barreirinha (plataforma marinha), (II) Curiri (glacial a periglacial) e (III) Oriximiná (marinho raso/fluvial).

Entre essas formações, a Formação Barreirinha é considerada a principal rocha geradora na Bacia do Amazonas (Cunha et al., 2007). A deposição dessa formação está relacionada a uma rápida elevação relativa do nível do mar associada a uma transgressão marinha significativa que ocorreu na Plataforma Sul-Americana durante o Frasniano. Portanto, a formação compreende uma espessa seção de folhelhos betuminosos, radioativos, laminados e quebradiços, de cor cinza a preta (Cunha, 2000; Caputo, 1984; Ferreira et al., 2015).

## MAPA DE LOCALIZAÇÃO

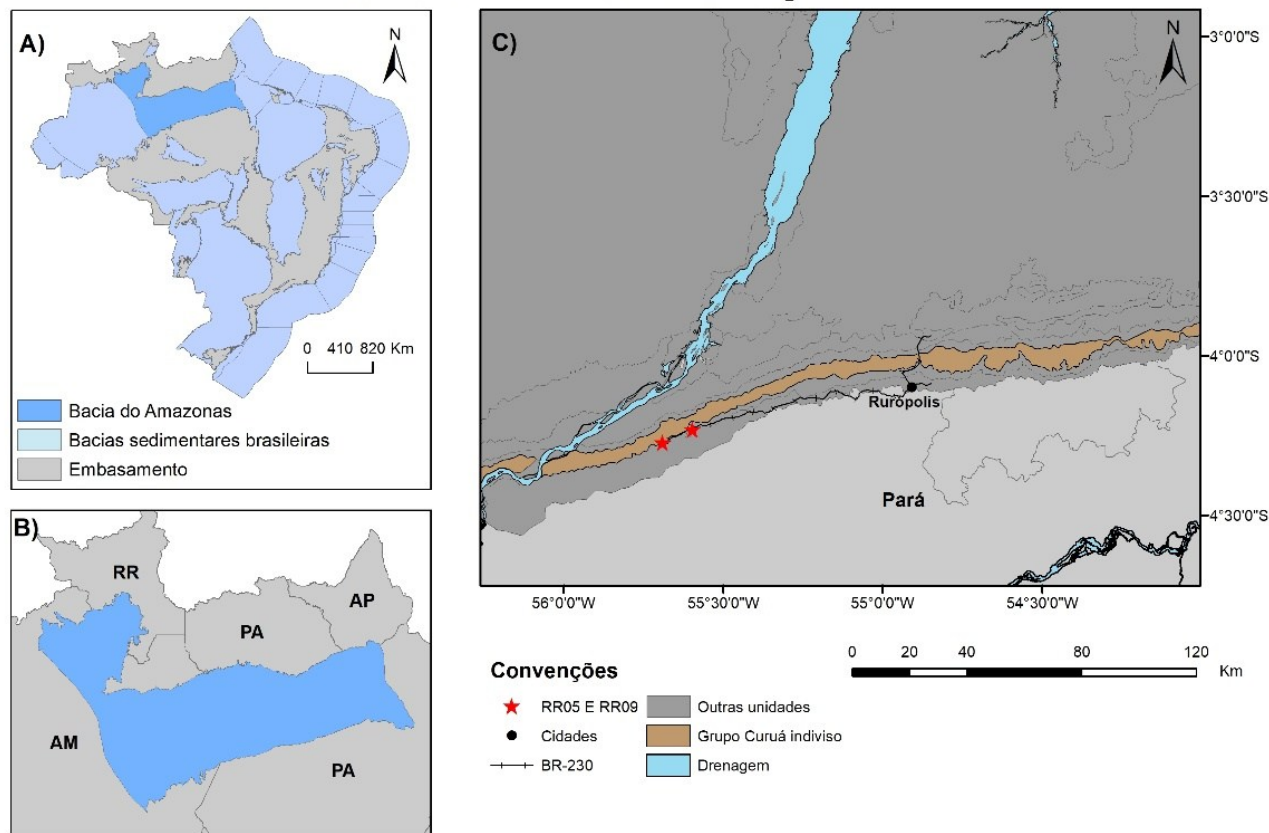


Figura 1 - Mapa de localização; A) mapa das bacias sedimentares brasileiras, com destaque para a Bacia do Amazonas; B) estados que abrangem a Bacia do Amazonas; C) mapa geológico do local de coleta das amostras.

Fonte: Adaptado de CPRM (2020).

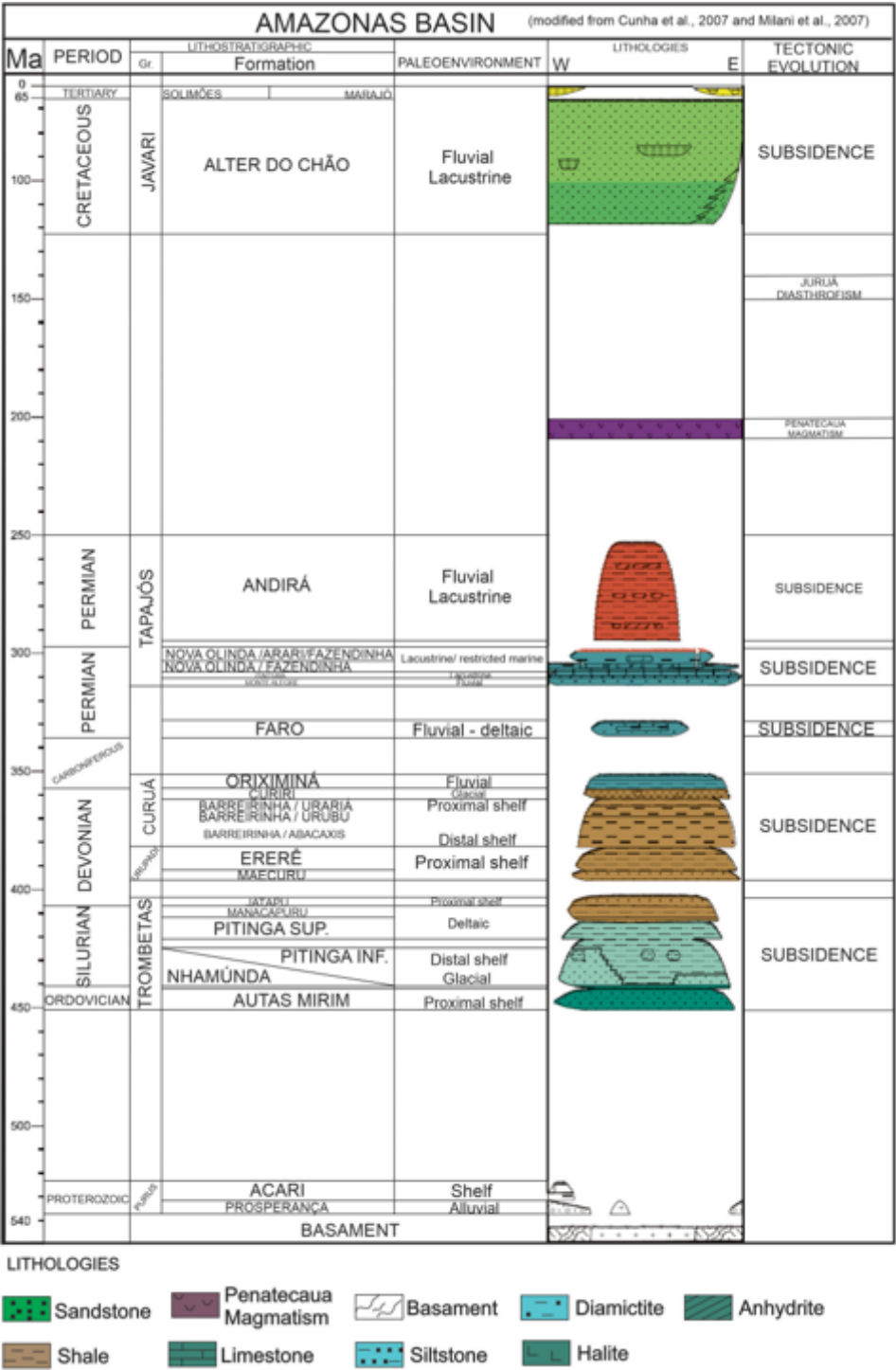
## 2. Materiais e métodos

### 2.1 Coleta de amostras

Para cobrir toda a sequência sedimentar correspondente à Formação Barreirinha, foram coletadas vinte e seis amostras em dois afloramentos, RR05 e RR09, na borda sul da Bacia do Amazonas, próximo à rodovia BR-230, no município de Rurópolis-PA (Figura 1). Foram coletadas quinze amostras no afloramento RR05 e onze amostras no afloramento RR09. A geologia local de ambos os afloramentos era semelhante, com a presença de folhelhos cinza-escuro a preto, físseis e laminados. Pequenas valas foram cavadas nos afloramentos para auxiliar na coleta das amostras melhor preservadas e remover possíveis contaminantes, como galhos e raízes. As amostras foram embrulhadas em papel-alumínio, colocadas em sacos de algodão puro previamente rotulados e levadas ao laboratório LEPETRO, Excelência em Geoquímica: Petróleo, Energia e Meio Ambiente, no Instituto de Geociências (IGEO) localizado na Universidade Federal da Bahia (UFBA) para a realização das análises de Carbono Orgânico Total (COT), Pirólise Rock-Eval e palinologia.

### 2.2 Pirólise Rock-Eval

Para esta análise, 100 mg de cada amostra foram peneirados através de uma peneira de 0,177 mm e, em seguida, colocados em cápsulas de estanho. As cápsulas foram então analisadas com um instrumento Rock-Eval 6, seguindo o procedimento proposto por Espitalié et al. (1977) e Lafargue et al. (1998) para determinar o COT, bem como os picos para S1, S2, S3, Tmax, o Índice de Hidrogênio (IH) e o Índice de Oxigênio (IO).



### 2.3.1 Isolamento de querogênio

O procedimento adotado para o isolamento do querogênio seguiu os procedimentos não oxidativos padrão descritos por Tyson (1995), Mendonça Filho *et al.* (2010, 2011, 2014) e Poggio *et al.* (2019). As técnicas palinológicas de rotina envolveram a maceração manual das amostras antes de serem peneiradas entre 1,0 e 2,8 cm. Em seguida, foram acidificadas com ácido clorídrico (37%) e ácido fluorídrico (40%) para remover carbonatos e silicatos, respectivamente. Entre as acidificações sucessivas, as amostras foram lavadas com água destilada para remover o excesso de ácido. A separação do querogênio foi realizada utilizando uma solução de cloreto de zinco (densidade de 1,9 a 2 g/cm<sup>3</sup>). Para interromper esse processo, adicionou-se álcool comercial às amostras, e a fração orgânica particulada foi então recuperada. Por fim, o querogênio isolado foi montado em lâminas finas de vidro utilizando Entellan e selado com lamínula.

### 2.3.2 Análise de palinofáceis

A matéria orgânica particulada foi avaliada por microscopia óptica por meio da análise de lâminas organopalinológicas. Essa análise utilizou um microscópio Zeiss (Modelo A2 m) acoplado a um computador e empregou luz branca e luz azul/ultravioleta incidente (modo de fluorescência), com objetivas de diferentes ampliações (10×, 20×, 50×, 100×). Para obter fotomicrografias das lâminas, foi utilizada uma câmera digital AxioCam MRc acoplada ao microscópio.

Nesta avaliação, 300 componentes orgânicos (tamanho >10 µm) foram contados e identificados na objetiva de 20x, seguindo a metodologia adaptada de Tyson (1995) e Poggio *et al.* (2019). O estado de preservação, a forma, a estrutura, a coloração e a fluorescência dos constituintes orgânicos também foram analisados por meio de análise qualitativa. Os componentes orgânicos foram agrupados seguindo os três principais grupos de classificação geral da matéria orgânica: (1) matéria orgânica amorfa (AOM), (2) palinomorfos e (3) fitoclastos. (Tyson, 1995; Mendonça Filho & Gonçalves, 2017; Poggio *et al.*, 2019).

### 2.4 Análises estatísticas

Os dados gerados pelas análises palinológicas foram processados utilizando os programas Bioestat 5.3 e Past 4.03. Realizou-se uma análise de agrupamentos (Cluster) e uma análise de componentes principais (PCA) nos principais grupos de matéria orgânica. Além disso, calculou-se o coeficiente de correlação de Pearson 'r' entre todos os parâmetros para quantificar a relação entre eles.

## 3. Resultados e discussões

### 3.1 Pirólise Rock-Eval

Os resultados das análises permitiram avaliar a maturidade térmica e o paleoambiente de deposição dos folhelhos amostrados, bem como o potencial de geração de hidrocarbonetos. Os resultados analíticos são apresentados na Tabela 1.

*Tabela 1 - Resultados da análise de pirólise Rock-Eval das amostras da Formação Barreirinha, borda sul, Bacia do Amazonas.*

| AMOSTRAS  | Altura das amostras (m) | Pirólise Rock-Eval |                                                         |                                                    |                                                                   |                                |                                        |                                                     |
|-----------|-------------------------|--------------------|---------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|--------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------------------------|
|           |                         | COT (%)            | Hidrocarbonetos livres (S <sub>1</sub> – mg HC/g rocha) | Potential Gerador (S <sub>2</sub> – mg HC/g rocha) | Dióxido de Carbono (S <sub>3</sub> – mg CO <sub>2</sub> /g rocha) | Temperature Máxima (Tmax - °C) | Índice de Hidrogênio (IH -mg HC/g COT) | Índice de Oxigênio (IO – mg CO <sub>2</sub> /g COT) |
| RR 05-213 | 0                       | 2.88               | 0.11                                                    | 7.22                                               | 1.85                                                              | 428                            | 251                                    | 64                                                  |
| RR 05-214 | 1                       | 3.41               | 0.29                                                    | 9.62                                               | 0.26                                                              | 424                            | 282                                    | 8                                                   |
| RR 05-215 | 2                       | 2.55               | 0.20                                                    | 8.50                                               | 0.14                                                              | 425                            | 333                                    | 5                                                   |
| RR 05-216 | 3                       | 4.95               | 0.19                                                    | 19.67                                              | 0.41                                                              | 425                            | 397                                    | 8                                                   |
| RR 05-217 | 4                       | 2.37               | 0.17                                                    | 8.03                                               | 0.12                                                              | 429                            | 339                                    | 5                                                   |
| RR 05-218 | 5                       | 2.03               | 0.15                                                    | 4.69                                               | 0.18                                                              | 426                            | 231                                    | 9                                                   |
| RR 05-219 | 6                       | 1.59               | 0.07                                                    | 3.92                                               | 0.11                                                              | 426                            | 247                                    | 7                                                   |
| RR 05-220 | 7                       | 3.32               | 0.22                                                    | 10.70                                              | 0.23                                                              | 425                            | 322                                    | 7                                                   |
| RR 05-221 | 8                       | 2.86               | 0.14                                                    | 6.71                                               | 0.42                                                              | 424                            | 235                                    | 15                                                  |
| RR 05-222 | 9                       | 4.09               | 0.12                                                    | 10.23                                              | 64.00                                                             | 425                            | 250                                    | 16                                                  |
| RR 05-223 | 10                      | 2.31               | 0.12                                                    | 5.80                                               | 0.14                                                              | 427                            | 251                                    | 6                                                   |

|           |     |      |      |       |      |     |     |    |
|-----------|-----|------|------|-------|------|-----|-----|----|
| RR 05-224 | 11  | 9.50 | 0.58 | 33.83 | 1.02 | 421 | 356 | 11 |
| RR 05-225 | 12  | 4.75 | 0.26 | 18.71 | 0.28 | 424 | 394 | 6  |
| RR 05-226 | 13  | 4.08 | 0.28 | 14.24 | 0.46 | 422 | 349 | 11 |
| RR 05-227 | 14  | 5.34 | 0.34 | 17.81 | 0.75 | 425 | 334 | 14 |
| RR 09-278 | 0   | 2.38 | 0.20 | 5.44  | 0.17 | 424 | 229 | 7  |
| RR 09-279 | 1   | 3.72 | 0.04 | 9.96  | 0.31 | 426 | 268 | 8  |
| RR 09-280 | 2   | 3.90 | 0.38 | 14.23 | 0.15 | 430 | 365 | 4  |
| RR 09-281 | 3   | 1.47 | 0.10 | 2.42  | 0.09 | 426 | 165 | 6  |
| RR 09-282 | 4   | 6.80 | 0.49 | 26.84 | 0.87 | 424 | 395 | 13 |
| RR 09-283 | 4.5 | 9.33 | 0.74 | 33.98 | 1.38 | 422 | 364 | 15 |
| RR 09-284 | 5   | 6.93 | 0.46 | 20.10 | 2.26 | 424 | 290 | 33 |
| RR 09-285 | 5.5 | 7.69 | 0.38 | 24.86 | 1.67 | 423 | 323 | 22 |
| RR 09-286 | 6   | 6.12 | 0.29 | 27.80 | 2.07 | 430 | 454 | 34 |
| RR 09-287 | 6.5 | 5.11 | 0.24 | 15.63 | 2.50 | 426 | 306 | 49 |
| RR 09-288 | 7   | 4.31 | 0.20 | 18.48 | 0.94 | 428 | 429 | 22 |

O carbono orgânico total (COT) contido nas amostras coletadas variou entre 1,47% e 9,50%. De acordo com o esquema de classificação de Peters & Cassa (1994), das 26 amostras analisadas, duas (totalizando 7,70% das amostras) apresentam um COT (1,0-2,0%), onze (42,3%) apresentam um COT muito alto (2,0-4,0%) e treze (50,0%) apresentam um COT excelente (> 4,0%) (Figura 3). Foi obtido um valor médio de 3,74% (n=15) para as amostras RR05 e de 5,25% (n=11) para as amostras RR09. Esses resultados estão de acordo com os apresentados por Souza et al. (2021) e Góes et al. (2022), que obtiveram valores de COT entre 0,11-6,29% e 1,42% - 5,6%, respectivamente.

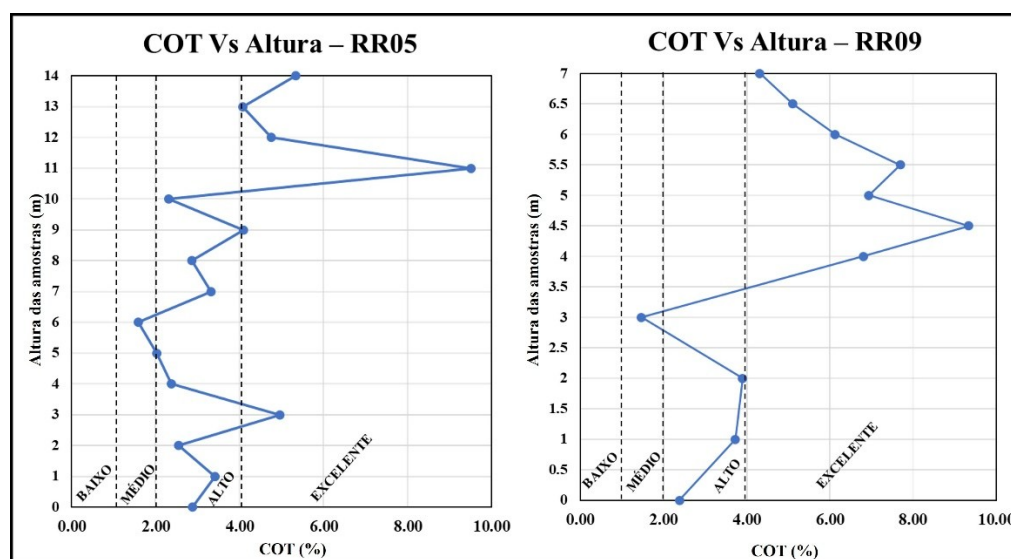


Figura 3 – Diagrama de COT vs. altura das amostras da Formação Barreirinha, borda sul, Bacia do Amazonas. Fonte: Adaptado de Peters & Cassa (1994).

Os resultados da pirólise do Rock-Eval revelaram baixos valores de hidrocarbonetos livres (S1 < 0,5 mg HC/g de rocha), o que indica que houve pouca geração natural de hidrocarbonetos. O potencial de geração (S2) variou de 3,92 a 33,98 mg HC/g de rocha. De acordo com Peters e Cassa (1994), 26 amostras foram classificadas de acordo com seu potencial de geração de hidrocarbonetos (S2): três (11,5%) apresentam um potencial moderado (2-5 mg HC/g de rocha), oito (30,8%) apresentam um bom potencial (5-10 mg HC/g de rocha) e quinze (57,7%) apresentam um excelente potencial de geração (>10 mg HC/g de rocha) (Figura 4). Um valor médio de 11,98

mg HC/g de rocha (n=15) foi obtido para as amostras RR05, e um valor médio de 18,16 mg HC/g de rocha (n=11) foi obtido para as amostras RR09. A Figura 4 mostra uma forte correlação entre os valores de COT e S<sub>2</sub>, de modo que quanto maior o valor de COT, maior o valor de S<sub>2</sub>. Essa mesma relação foi observada em outros trabalhos relacionados à Formação Barreirinha, como García (2014), Calderón (2017) e Góes *et al.* (2022).

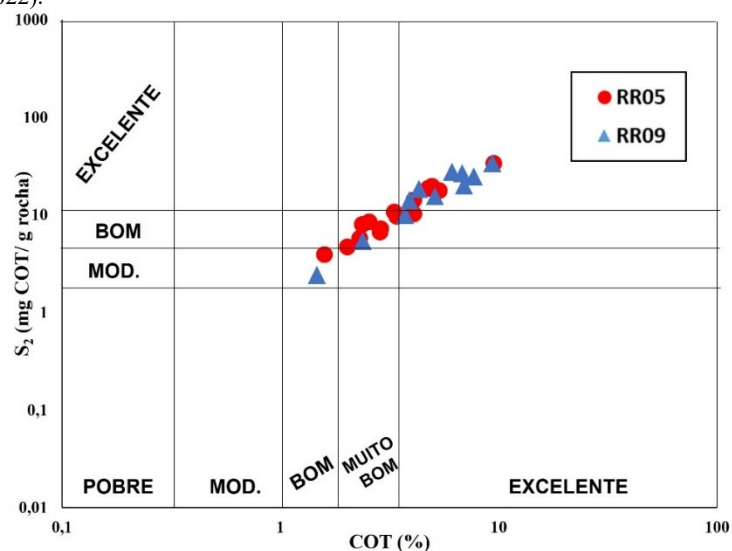


Figura 4 – Classificação do potencial gerador em função da razão S<sub>2</sub> vs. COT das amostras da Formação Barreirinha, borda sul, Bacia do Amazonas. Fonte: Adaptado de Peters & Cassa (1994).

Os valores da temperatura máxima (T<sub>max</sub>) foram utilizados para avaliar a maturidade térmica das amostras. Para esse parâmetro, todas as amostras apresentaram valores inferiores a 440 °C (421 °C a 430 °C), indicando imaturidade térmica de acordo com Tissot & Welte (1984) (Figura 5). Essa imaturidade térmica exibida pelas amostras está em consonância com vários estudos de diferentes afloramentos na Formação Barreirinha, na borda sul da Bacia do Amazonas (Calderón, 2017; Souza *et al.*, 2021; Góes *et al.*, 2022).

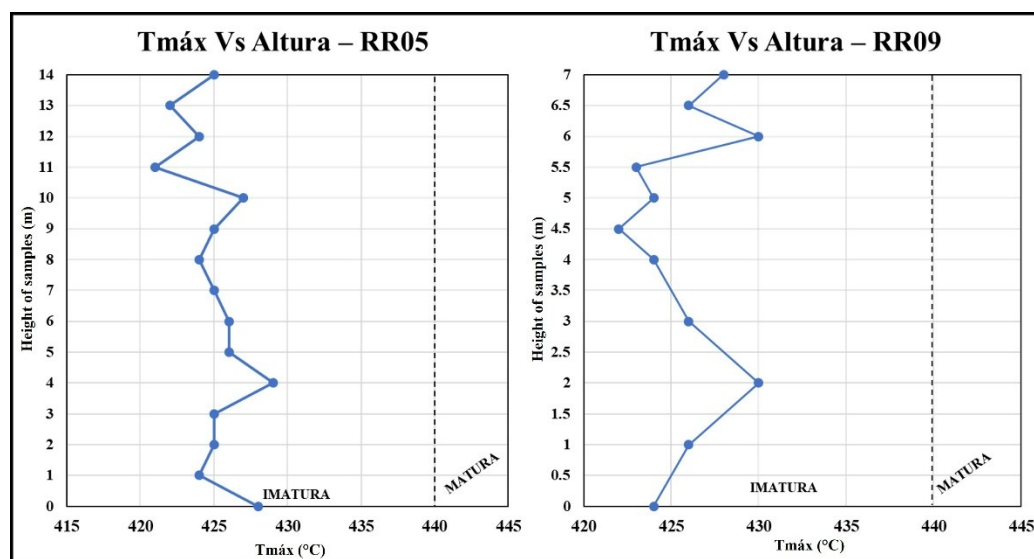


Figura 5 – Diagrama com os valores de T<sub>max</sub> vs. altura das amostras da Formação Barreirinha, borda sul, Bacia do Amazonas. Fonte: Adaptado de Peters & Cassa (1994).

Os índices IH e IO foram correlacionados utilizando o diagrama do tipo Van Krevelen (Figura 6) para analisar qualitativamente a matéria orgânica presente nas amostras e inferir indiretamente sua natureza (tipo de querogênio) e seu grau de preservação. A

interpretação desses diagramas (Figura 6) facilitou a classificação das amostras, demonstrando que o querogênio presente nas amostras era predominantemente do tipo II, com poucas amostras contendo querogênio do tipo III (Peters & Cassa, 1994).

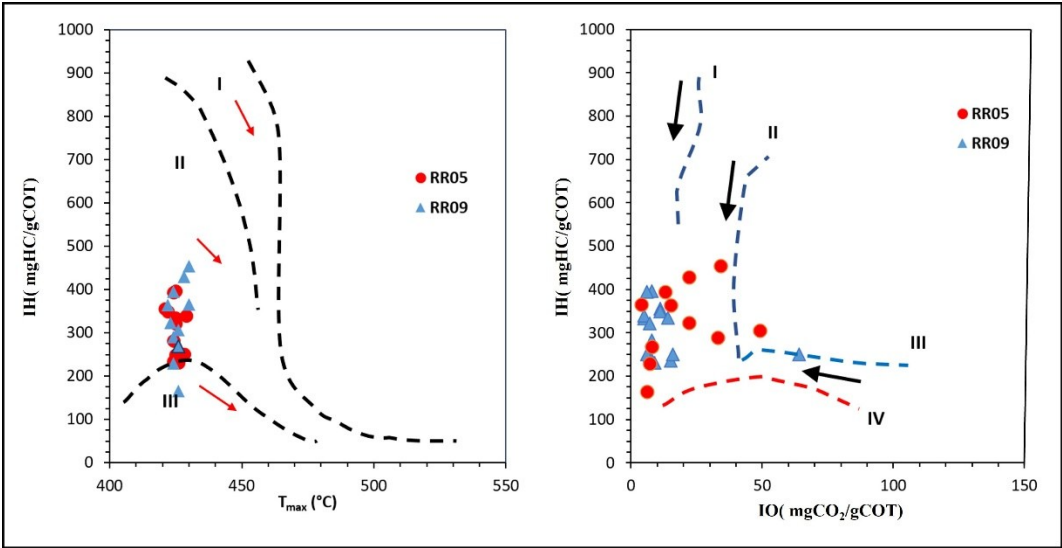


Figura 6 – Diagramas do tipo Van Krevelen mostrando a distribuição das amostras e os tipos de querogênio neste estudo. Fonte: Adaptado dos parâmetros de Espitalié (1985).

3.2 Palinofáceis

3.2.1 Componentes orgânicos

A matéria orgânica presente nas amostras foi analisada por meio de lâminas palinológicas, de forma quantitativa e qualitativa. Entre os componentes orgânicos, a matéria orgânica amorfa não apresenta fluorescência, enquanto os acritarcos e as prasinofitas apresentam forte fluorescência, o que indica boa preservação e baixa maturidade térmica desses componentes.

Para a análise quantitativa, foram contados trezentos componentes em cada lâmina, os quais foram classificados e agrupados nos três principais grupos de matéria orgânica e seus subgrupos — palinomorfos (esporos, acritarcos, prasinofitas e zoomorfos), fitoclastos (opacos e não opacos) e matéria orgânica amorfa (MOA) - conforme mostrado na Tabela 2. Os níveis de MOA obtidos nas 26 amostras analisadas variaram de 9% a 75%, os de fitoclastos variaram de 0 a 10% e os de palinomorfos variaram de 32% a 81%.

Tabela 2 – Percentuais dos principais grupos de matéria orgânica obtidos a partir da análise de lâminas palinofaciológicas das amostras dos afloramentos da Formação Barreirinha.

| Amostras  | MOA | Fitoclastos |            |       | Palinomorfos |            |              |           |       |
|-----------|-----|-------------|------------|-------|--------------|------------|--------------|-----------|-------|
|           |     | Opacos      | Não opacos | Total | Esporos      | Acritarcos | Prasinofitas | Zoomorfos | Total |
| RR 05-213 | 9%  | 5%          | 5%         | 10%   | 4%           | 33%        | 40%          | 4%        | 81%   |
| RR 05-214 | 33% | 1%          | 4%         | 5%    | 1%           | 16%        | 37%          | 9%        | 62%   |
| RR 05-215 | 48% | 1%          | 1%         | 1%    | 1%           | 11%        | 38%          | 1%        | 51%   |
| RR 05-216 | 39% | 1%          | 0%         | 1%    | 9%           | 10%        | 31%          | 10%       | 60%   |
| RR 05-217 | 25% | 1%          | 0%         | 1%    | 6%           | 8%         | 56%          | 4%        | 74%   |
| RR 05-218 | 27% | 0%          | 0%         | 0%    | 31%          | 9%         | 30%          | 4%        | 73%   |
| RR 05-219 | 30% | 0%          | 0%         | 0%    | 2%           | 12%        | 43%          | 13%       | 70%   |
| RR 05-220 | 48% | 0%          | 1%         | 1%    | 1%           | 7%         | 31%          | 11%       | 51%   |
| RR 05-221 | 39% | 0%          | 0%         | 0%    | 18%          | 17%        | 17%          | 8%        | 61%   |
| RR 05-222 | 50% | 0%          | 1%         | 1%    | 16%          | 12%        | 17%          | 5%        | 49%   |

|           |            |    |    |           |    |     |     |     |            |
|-----------|------------|----|----|-----------|----|-----|-----|-----|------------|
| RR 05-223 | <b>35%</b> | 0% | 1% | <b>1%</b> | 6% | 13% | 34% | 11% | <b>64%</b> |
| RR 05-224 | <b>68%</b> | 0% | 0% | <b>0%</b> | 2% | 11% | 17% | 3%  | <b>32%</b> |
| RR 05-225 | <b>48%</b> | 0% | 0% | <b>1%</b> | 7% | 27% | 16% | 1%  | <b>51%</b> |
| RR 05-226 | <b>33%</b> | 1% | 1% | <b>1%</b> | 3% | 20% | 35% | 9%  | <b>66%</b> |
| RR 05-227 | <b>55%</b> | 0% | 0% | <b>0%</b> | 3% | 20% | 20% | 2%  | <b>45%</b> |
| RR09-278  | <b>23%</b> | 0% | 0% | <b>0%</b> | 0% | 13% | 49% | 14% | <b>77%</b> |
| RR09-279  | <b>47%</b> | 0% | 0% | <b>0%</b> | 2% | 18% | 20% | 13% | <b>53%</b> |
| RR09-280  | <b>46%</b> | 0% | 0% | <b>0%</b> | 9% | 19% | 17% | 9%  | <b>54%</b> |
| RR09-281  | <b>28%</b> | 1% | 1% | <b>2%</b> | 3% | 28% | 33% | 6%  | <b>70%</b> |
| RR09-282  | <b>74%</b> | 0% | 0% | <b>0%</b> | 1% | 10% | 14% | 1%  | <b>26%</b> |
| RR09-283  | <b>75%</b> | 0% | 0% | <b>0%</b> | 2% | 7%  | 15% | 1%  | <b>25%</b> |
| RR09-284  | <b>48%</b> | 0% | 0% | <b>0%</b> | 2% | 16% | 20% | 13% | <b>52%</b> |
| RR09-285  | <b>50%</b> | 0% | 0% | <b>0%</b> | 4% | 20% | 26% | 1%  | <b>50%</b> |
| RR09-286  | <b>38%</b> | 0% | 0% | <b>0%</b> | 1% | 22% | 37% | 2%  | <b>62%</b> |
| RR09-287  | <b>32%</b> | 1% | 0% | <b>1%</b> | 2% | 24% | 41% | 1%  | <b>68%</b> |
| RR09-288  | <b>31%</b> | 0% | 0% | <b>0%</b> | 1% | 44% | 23% | 1%  | <b>69%</b> |

A partir da análise qualitativa e quantitativa do querogênio, foi possível caracterizar as amostras de cada afloramento. Os palinomorfos e a matéria orgânica amorfa (MOA) são predominantes em ambos os afloramentos (Figura 7), mas suas proporções relativas variam dentro das sequências estudadas. Os fitoclastos são os menos abundantes. A predominância de matéria orgânica amorfa e palinomorfos em relação aos fitoclastos também foi evidenciada no trabalho de Góes et al. (2022), que foi realizado de forma semelhante na borda sul da Formação Barreirinha. Na figura, é possível identificar uma relação inversa entre a MOA e os palinomorfos nos dois grupos de amostras (RR05 e RR09), pois, à medida que um parâmetro aumenta, o outro diminui em proporção semelhante. Foi obtida uma correlação inversa muito forte (-0,992) entre as contagens de MOA e de palinomorfos, sugerindo que a MOA pode ser formada, principalmente, pela degradação de palinomorfos.

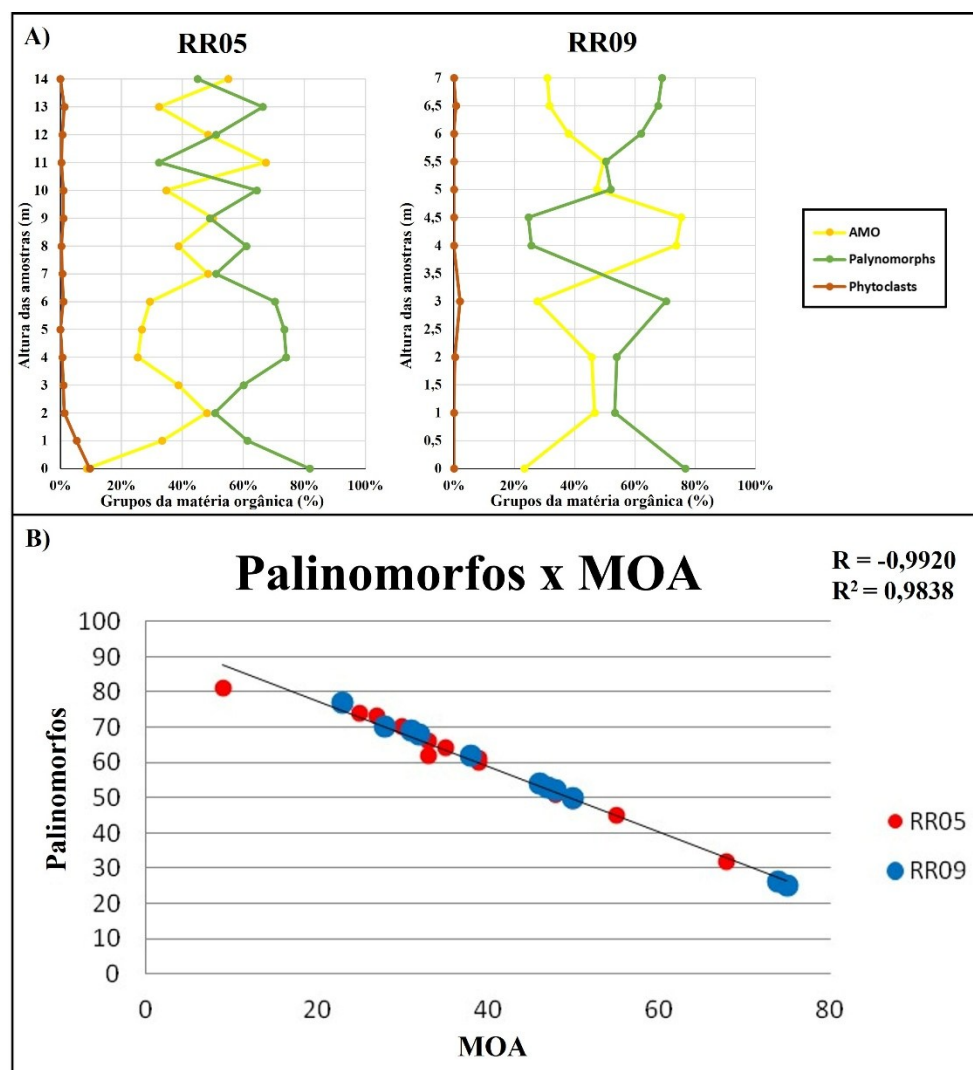


Figura 7 – A) Gráfico mostrando a distribuição dos três principais grupos de matéria orgânica (MOA, palinomorfos e fitoclastos) ao longo dos afloramentos da Formação Barreirinha, Bacia do Amazonas. B) Gráfico mostrando a correlação entre palinomorfos e MOA.

Foi realizada uma análise de componentes principais (PCA; Figura 8) nos dados de MOA, palinomorfos e fitoclastos. PC1 (eixo X) e PC2 (eixo Y) totalizaram 99,99% da variância; ou seja, 99,99% dos dados são explicados por esses dois componentes. Esses resultados mostram que existem dois grupos principais: aqueles que apresentam níveis consideráveis de MOA e aqueles que apresentam níveis consideráveis de palinomorfos. Das 26 amostras analisadas, doze amostras (seis de cada afloramento) apresentaram as maiores abundâncias de MOA. Para os palinomorfos, sete amostras de RR05 e cinco de RR09 apresentaram abundância substancial. Houve apenas duas amostras que apresentaram abundâncias significativas de fitoclastos, RR05-213 e RR05-214, que aparecem desagrupadas na Figura 8.

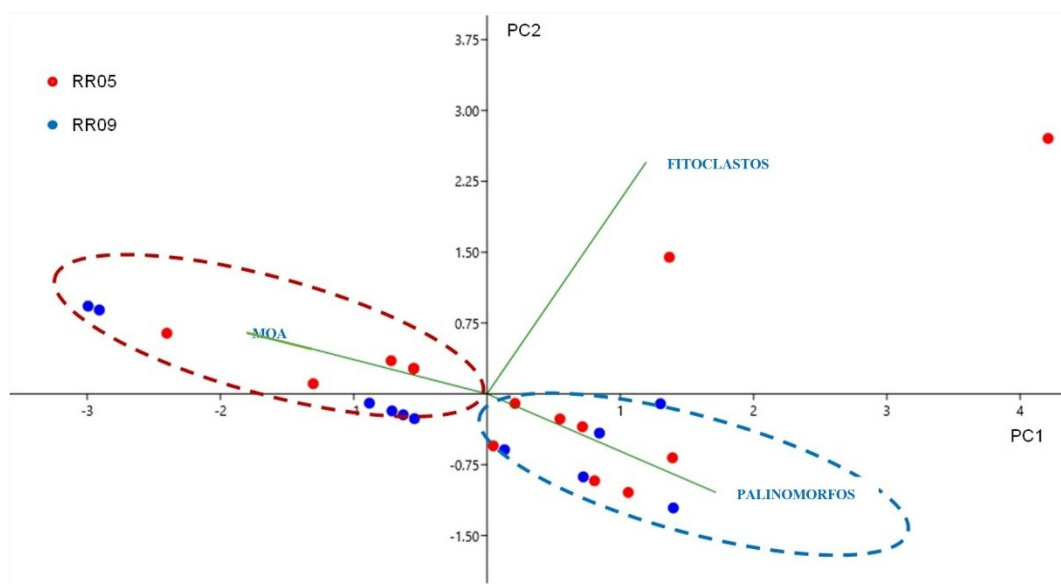


Figura 8 – Análise de Componentes Principais (PCA) dos três principais grupos de matéria orgânica (MOA, palinórfos e fitoclastos) ao longo dos afloramentos da Formação Barreirinha, Bacia do Amazonas. Fonte: Autor (2026).

Os fitoclastos ocorrem em pequenas proporções. Os fitoclastos opacos caracterizam-se por formas alongadas, equidimensionais ou corroídas. Os fitoclastos não opacos, por sua vez, ocorrem principalmente em forma degradada, com cutículas, e não apresentam fluorescência (Figura 9).

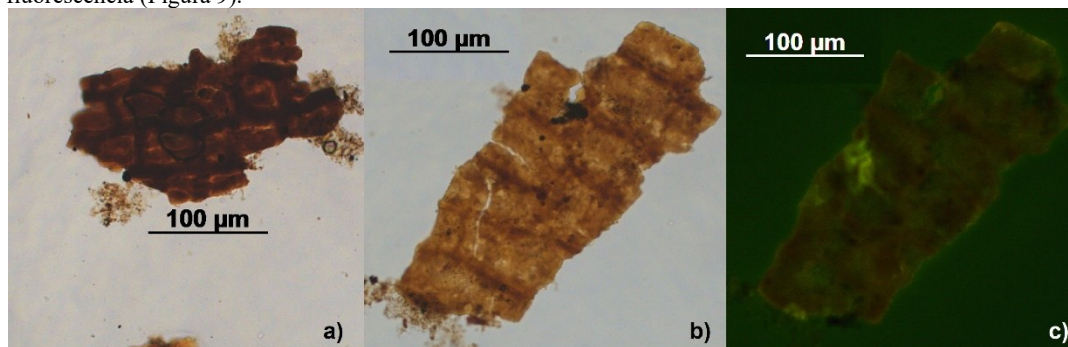


Figura 9 – Fotomicrografia de diferentes cutículas; (a) e (b) cutículas em luz branca; (c) cutícula em luz fluorescente. Fonte: Autor (2026).

A matéria orgânica amorfa (MOA) apresenta-se em pedaços ou aglomerados de matéria orgânica sem forma definida, apresenta vários tons de marrom e exibe pouca ou nenhuma fluorescência sob luz ultravioleta (Figura 10).

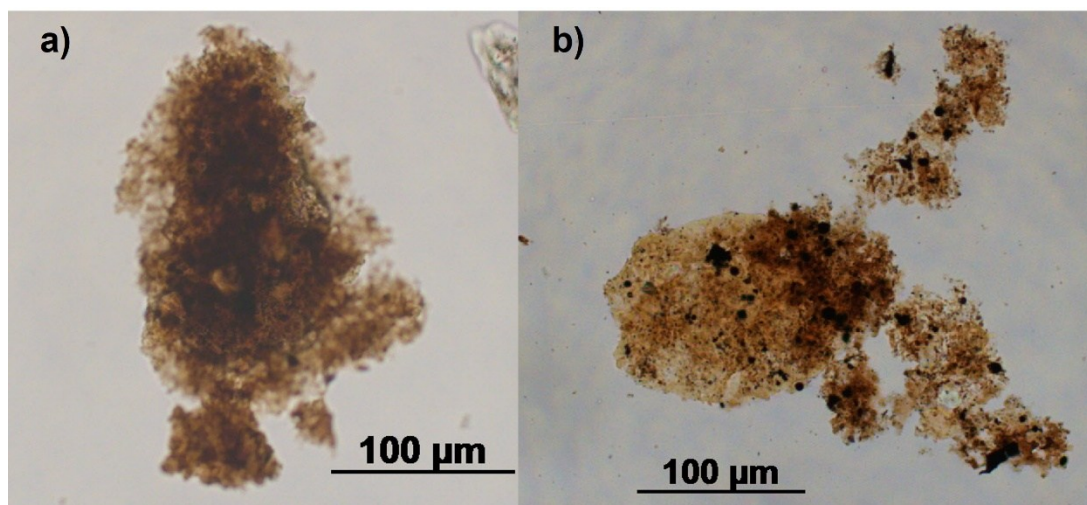


Figura 10 – Fotomicrografia da matéria orgânica amorfa encontrada nas amostras. (a) Matéria orgânica amorfa aglomerada e de coloração mais escura. (b) Matéria orgânica amorfa de coloração mais clara. Fonte: Autor (2026).

Os palinomorfos são representados principalmente por grandes quantidades de microplâncton marinho (acritarcos e prasínofitos) e pequenas quantidades de componentes terrestres (esporos). Os prasínofitos ocorrem em grandes proporções nas lâminas e caracterizam-se por uma fluorescência moderada a intensa (variando do verde ao amarelo; Figura 11). Dos gêneros identificados — *Pterospermella*, *Cymatiosphaera*, *Leiosperidia*, *Tasmanites* e *Maranhites* —, estes últimos foram os mais comuns. Os acritarcos ocorrem em diferentes proporções nas lâminas e são claros a transparentes à luz branca, com fluorescência intensa (esverdeada-amarelada). Essa associação palinológica já havia sido encontrada em outros trabalhos da Bacia do Amazonas (Calderón, 2017; Góes *et al.*, 2022) e em trabalhos de outras bacias devonianas (Andrade *et al.*, 2019; Gonzalés *et al.*, 2020). Também vale a pena notar que essa associação, composta por uma ampla variedade de acritarcos e prasínofitas, é datada por vários autores como pertencente ao intervalo do Devoniano Médio ao Superior e a um paleoambiente predominantemente marinho (Grahns, 1992; Grahns *et al.*, 2000; Filipiak, 2002; Grahns e de Melo, 2004; Trindade *et al.*, 2015; Trindade e Carvalho, 2018; Andrade *et al.*, 2019; Gonzalés *et al.*, 2020a; Gonzalés *et al.*, 2020b).

De acordo com as escalas padrão de palinofácies e fluorescência, as cores de fluorescência observadas (esverdeadas a amareladas) também indicam um nível de maturidade térmica baixo a moderado, o que é consistente com os estágios imaturos a de maturação inicial da geração de hidrocarbonetos na bacia. Essa interpretação é ainda mais corroborada pela baixa  $T_{max}$  estimada a partir das análises de pirólise realizadas com o Rock-Eval nas amostras.

Os esporos apresentam diferentes colorações, variando do marrom claro ao marrom escuro, com diversas formas e ornamentações. A maioria ocorre em aglomerados ou em pequenas quantidades. Esses esporos estão relacionados principalmente a briófitas e pteridófitas de uma ampla variedade de gêneros, embora os gêneros *Geminospora*, *Samarisporites* e *Grandispora* sejam os mais proeminentes. Esse grupo apresenta pouca ou nenhuma fluorescência, conforme mostrado na Figura 11.

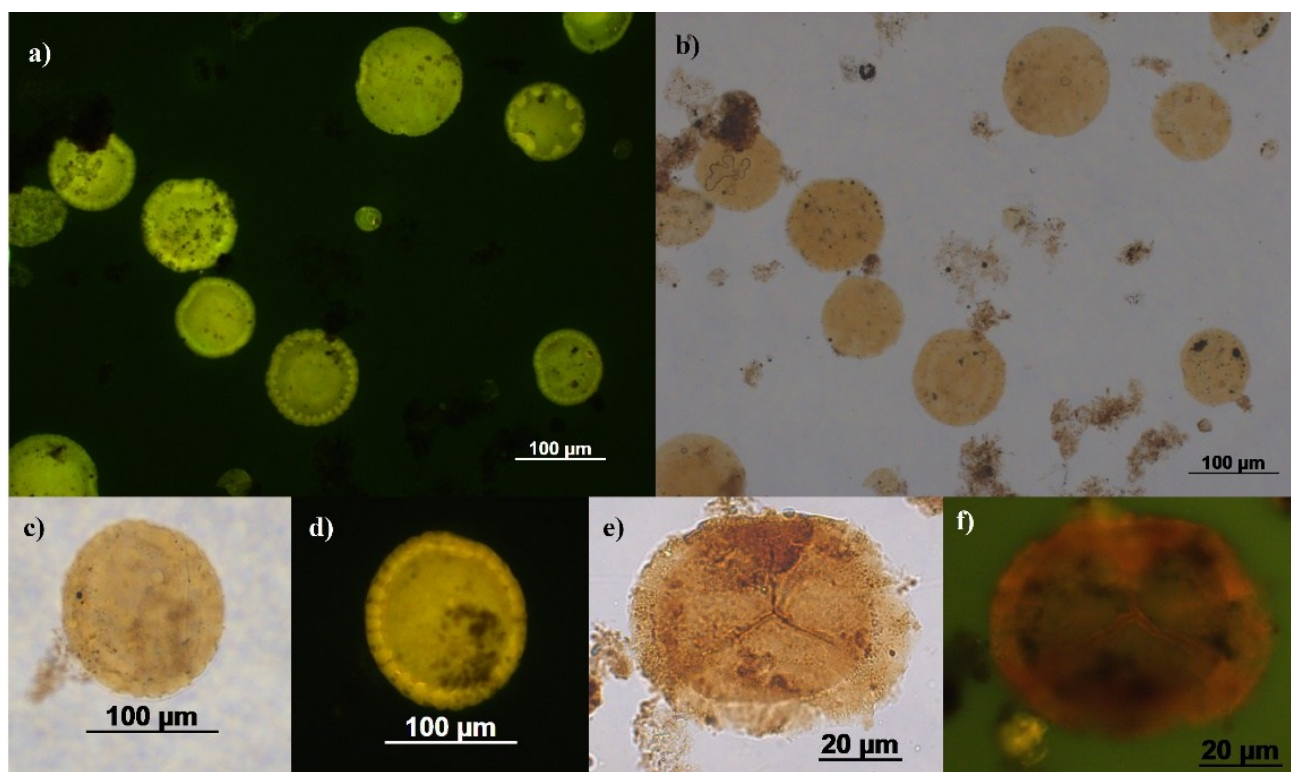


Figura 11 – Fotomicrografias mostrando os principais representantes do grupo de palinomorfos nas amostras. A ocorrência de várias prasinófitas em parte da lâmina da amostra RR05-218 é mostrada em luz fluorescente (a) e em luz normal (b). Imagem da lâmina da amostra RR05-215, destacando uma prasinófito do gênero *Maranhites* em luz branca (c) e em luz fluorescente (d). Imagem da lâmina da amostra RR09-279, destacando um esporo com triletes em luz branca (e) e em luz fluorescente (f). Fonte: Autor (2026).

No que diz respeito aos componentes marinhos e terrestres, as análises de ambos os afloramentos mostram que há uma predominância dos componentes marinhos em relação aos terrestres. No afloramento RR05, há casos que indicam um aumento nos componentes terrestres (esporos e fitoclastos) e uma diminuição nos componentes marinhos (prasinófitos e acritarcos), e vice-versa. Essas flutuações provavelmente refletem os ciclos transgressivos/regressivos que ocorreram na bacia durante a deposição de matéria orgânica, conforme mostrado na Figura 12.

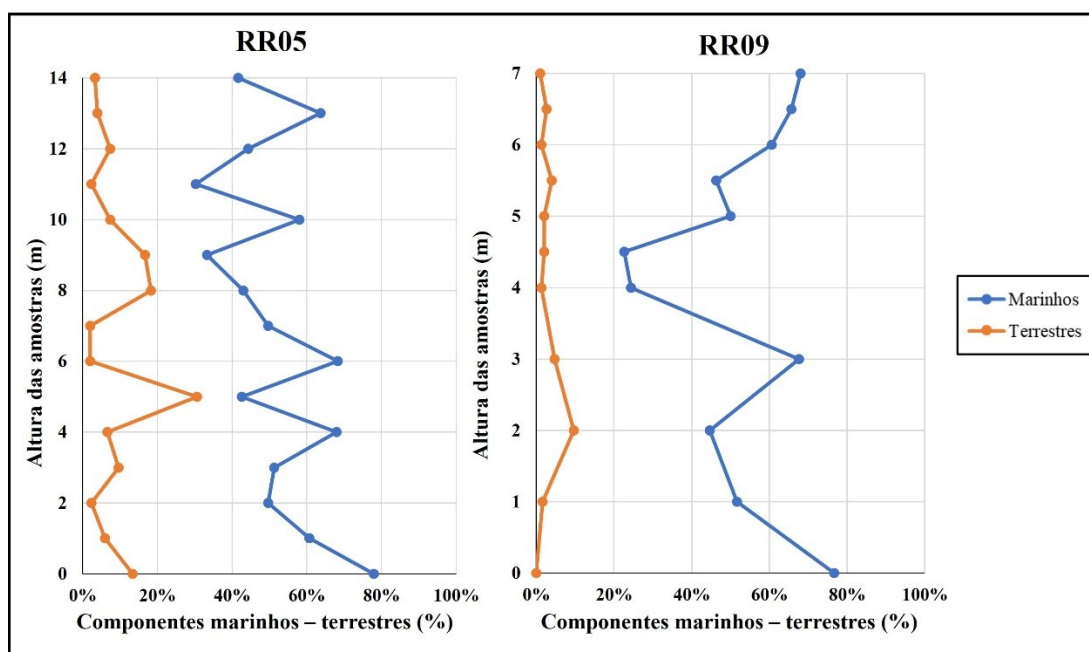


Figura 12 – Gráfico mostrando a variação dos componentes marinhos e terrestres ao longo dos afloramentos da Formação Barreirinha, Bacia do Amazonas. Fonte: Autor (2026)

### 3.2.2 Análise de Cluster e palinofácies

A aplicação da análise de agrupamentos no modo Q aos dados de contagem dos componentes orgânicos das amostras organizou as amostras em dois grupos principais com diferentes quantidades de componentes orgânicos, o que permitiu definir as duas principais associações de palinofácies: a palinofácies I (PAL-I) e a palinofácies II (PAL-II), conforme mostrado na Figura 13. Também foi realizada uma análise bidirecional dos componentes orgânicos, o que permitiu classificar os componentes orgânicos de acordo com sua similaridade entre si, conforme mostrado na Figura 13.

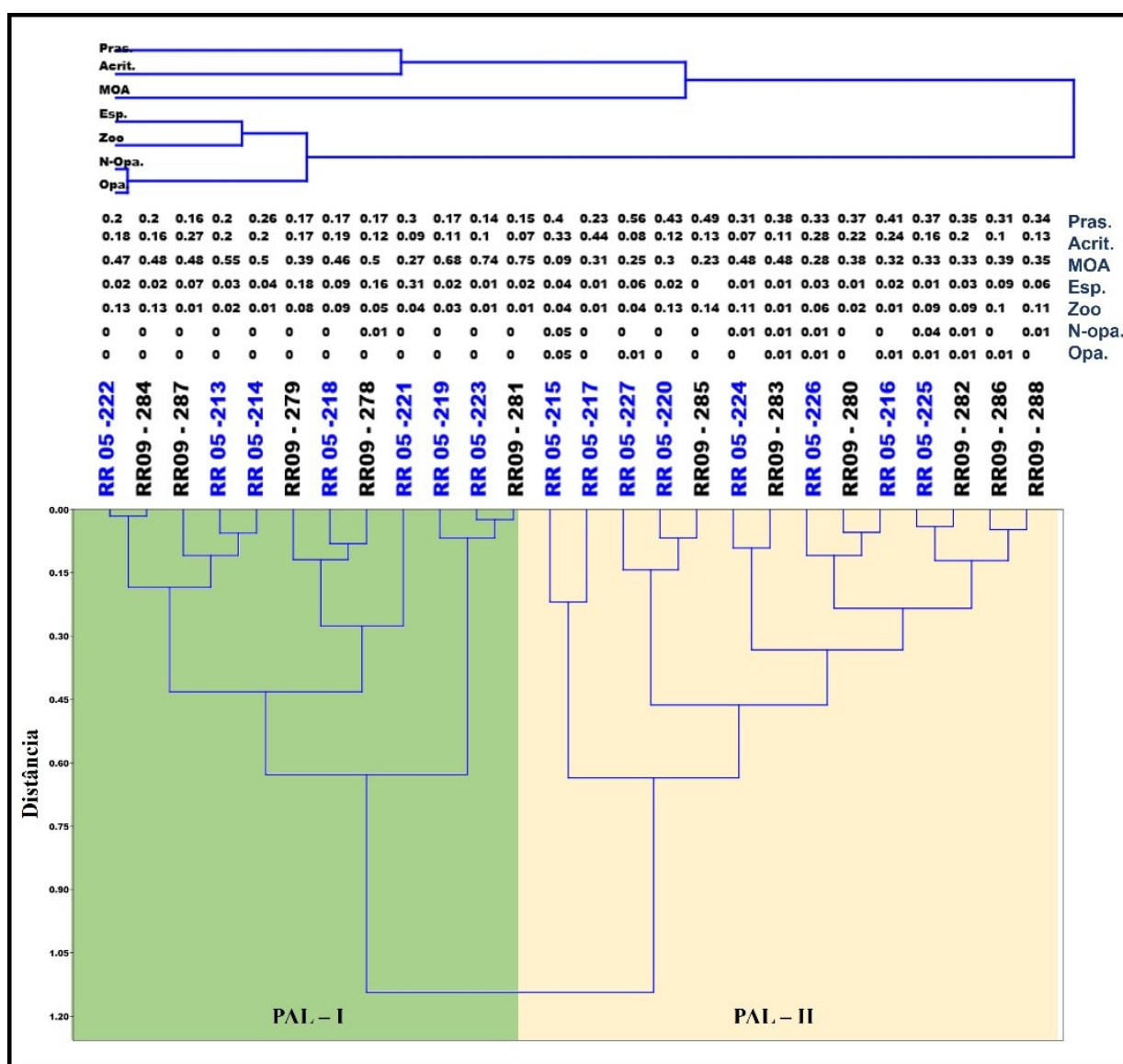


Figura 13 – Análise de cluster em modo Q e em modo two-way das amostras da Formação Barreirinha. PAL-I: Associação de Palinofácies I; PAL-II: Associação de Palinofácies II. Fonte: Autor (2026).

A palinofácies I é composta por amostras com alto teor de MOA, variando de 38% a 75%, níveis intermediários de palinomorfos marinhos (prasinófitos e acritarcos) e contribuições de zoomorfos marinhos (quitinozoários e escolecondos). Além disso, há uma baixa quantidade de palinomorfos terrestres (esporos) e nenhuma quantidade significativa de fitoclastos (opacos e não opacos). Essa associação ocorre em algumas partes das seções estudadas e é representada pelas amostras RR05-216, RR05-224, RR05-225, RR05-227 e RR09-282 a RR09-287.

A palinofácies II é composta por amostras com maior proporção de palinomorfos terrestres (esporos) e marinhos (acritarcos e prasinófitos), teores variados de MOA significativamente inferiores aos da PAL-I e fitoclastos (opacos e não opacos) que, apesar de serem subordinados, são os mais abundantes entre as sequências estudadas. Esta palinofácies é caracterizada por altos níveis de palinomorfos marinhos; os acritarcos ocorrem em todas as amostras com níveis que variam de 8 a 44%, e os prasinófitos são os maiores representantes dessas amostras, com valores mínimos de 16% e máximos de 56%. Essa associação ocorre nas amostras RR05-213, RR05-214, RR05-215, RR05-217 a RR05-223, RR05-226, RR09-278 a RR09-281 e RR09-288.

### 3.2.3 Matéria orgânica e paleoambiente deposicional

A partir da análise dos componentes orgânicos, de suas proporções e das palinofácies geradas, é possível afirmar que as amostras de ambos os afloramentos foram depositadas em um ambiente predominantemente marinho que continha contribuições terrestres. Além disso, as palinofácies identificadas correspondem a dois intervalos estratigráficos distintos que marcam momentos de oscilação do nível do mar durante a deposição dos folhelhos na Formação Barreirinha. Essa hipótese é apoiada pela inserção das amostras em diagramas ternários que permitem inferências sobre o paleoambiente de deposição (Tyson, 1995; Souza et al., 2007), conforme mostrado na Figura 14.

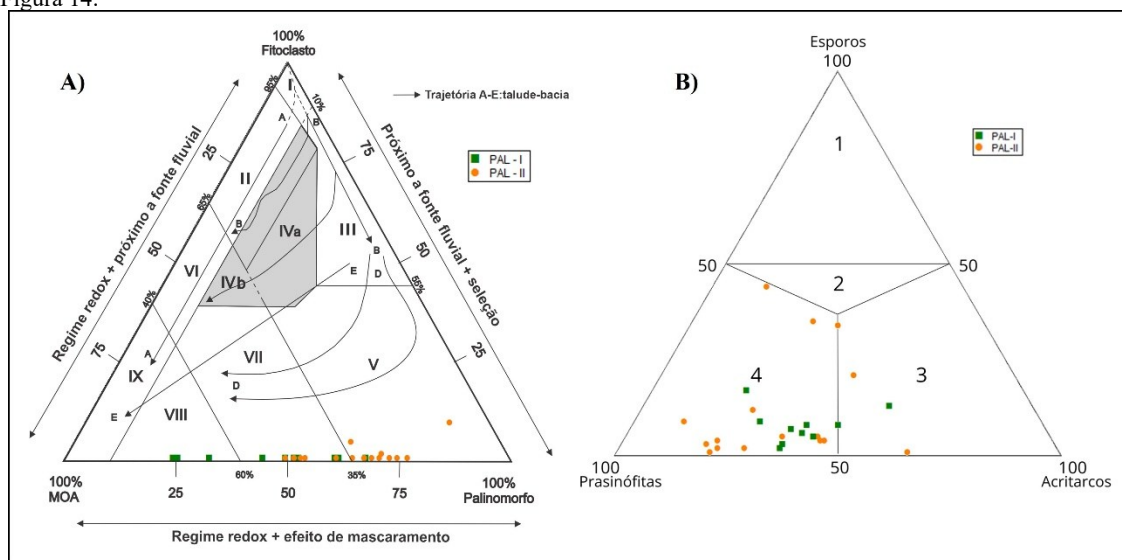


Figura 14 - Amostras correspondentes a cada palinofácies plotadas em: A- Diagrama de Tyson (1995), demonstrando inferências sobre o paleoambiente deposicional, onde: I- plataforma ou bacia altamente proximal; II- bacia disóxica-anóxica marginal; III- plataforma óxica heterolítica (plataforma proximal); IV- plataforma para transição de bacia, V- plataforma óxica dominada por lama (plataforma distal); VI- plataforma subóxica-anóxica proximal; VII- plataforma disóxica-anóxica distal; VIII- plataforma disóxica - óxica distal e IX - bacia subóxica-anóxica proximal. B- Diagrama ternário adaptado de Souza, 2007, onde: 1- Plataforma proximal óxica (influência fluvial-deltaica), 2- plataforma proximal-distal óxica (influência fluvial-deltaica?), 3- plataforma distal óxica-disóxica, 4- plataforma/bacia distal disóxica-anóxica.

O intervalo estratigráfico I, associado à palinofácies I, caracteriza-se principalmente pela predominância de MOA, pela ocorrência de zoomorfos marinhos e por uma baixa contribuição de componentes terrestres (fitoclastos e esporos). As amostras associadas a esse intervalo apresentam os maiores teores de COT de ambas as seções (4,75 a 9,5%). Para esse intervalo, o diagrama ternário de Tyson (1995) indica dois campos principais: VII – plataforma distal disóxica-anóxica e VIII – plataforma distal disóxica-óxica. O diagrama ternário do grupo de palinomorfos proposto por Souza et al. (2007) indica predominantemente uma plataforma/bacia distal disóxica-anóxica (campo 4), com uma amostra associada à plataforma distal óxica-disóxica (campo 3).

O intervalo estratigráfico II, associado à palinofácies II, é caracterizado pela predominância de palinomorfos marinhos (prasinófitos e acritarcos), contribuições intermediárias de componentes terrestres (esporos e fitoclastos) e uma contribuição variada de matéria orgânica amorfa. As amostras nessa faixa apresentam teores de COT que variam de intermediários a altos (1,47 a 4,31%). As amostras dessa faixa foram depositadas em uma plataforma óxica dominada por lama (plataforma distal) (campo V) e em uma plataforma distal disóxica-anóxica (campo VII) (Tyson, 1995). No diagrama ternário de palinomorfos (Figura 14B), as amostras também se situam nos campos 3 e 4 (indicando uma plataforma distal com variação óxica-disóxica-anóxica), mas devido à maior contribuição de esporos, algumas amostras ficam mais próximas da fronteira do campo 2 (plataforma óxica proximal-distal (influência fluvial-deltaica)). Uma maior contribuição de esporos em algumas amostras sugere uma influência terrestre mais acentuada, indicativa de um ambiente mais proximal dentro da plataforma, possivelmente influenciado por aporte fluvial ou deltaico (Figura 14).

### 3.2.4 Análise do Coeficiente de correlação de Pearson

O coeficiente de correlação de Pearson ( $r$ ) mede o grau de correlação linear entre duas variáveis (Moore, 2007; Garson, 2009). Seus valores variam de -1 a 1, sendo que o valor 1 indica uma correlação positiva perfeita, o valor -1 representa uma correlação negativa perfeita e o valor 0 indica a ausência de correlação linear entre as variáveis (Kozak, 2009).

Ao aplicar o coeficiente de correlação de Pearson às variáveis de pirólise do Rock-Eval e aos componentes orgânicos, foi possível estabelecer uma correlação linear entre eles, conforme mostrado na Tabela 3.

*Tabela 3 – Coeficiente de correlação de Pearson (r) entre os parâmetros de pirólise Rock-Eval e os componentes orgânicos das amostras estudadas.*

|                        | MOA    | Fitoclastos Opacos | Fitoclastos não-opacos | Esporos | Acrítarcos | Prasinofitas | Zoomorfos | COT   | S <sub>1</sub> | S <sub>2</sub> | S <sub>3</sub> | IH    | IO |
|------------------------|--------|--------------------|------------------------|---------|------------|--------------|-----------|-------|----------------|----------------|----------------|-------|----|
| MOA                    | 1      |                    |                        |         |            |              |           |       |                |                |                |       |    |
| Fitoclastos Opacos     | -0.538 | 1                  |                        |         |            |              |           |       |                |                |                |       |    |
| Fitoclastos não-opacos | -0.423 | 0.787              | 1                      |         |            |              |           |       |                |                |                |       |    |
| Esporos                | -0.160 | -0.103             | -0.117                 | 1       |            |              |           |       |                |                |                |       |    |
| Acrítarcos             | -0.395 | 0.337              | 0.230                  | -0.199  | 1          |              |           |       |                |                |                |       |    |
| Prasinofitas           | -0.737 | 0.409              | 0.277                  | -0.189  | -0.052     | 1            |           |       |                |                |                |       |    |
| Zoomorfos              | -0.298 | -0.105             | 0.059                  | -0.034  | -0.277     | 0.210        | 1         |       |                |                |                |       |    |
| COT                    | 0.754  | -0.248             | -0.287                 | -0.273  | -0.088     | -0.557       | -0.417    | 1     |                |                |                |       |    |
| S <sub>1</sub>         | 0.746  | -0.258             | -0.224                 | -0.272  | -0.228     | -0.473       | -0.358    | 0.873 | 1              |                |                |       |    |
| S <sub>2</sub>         | 0.730  | -0.260             | -0.328                 | -0.307  | -0.035     | -0.513       | -0.487    | 0.965 | 0.850          | 1              |                |       |    |
| S <sub>3</sub>         | 0.118  | -0.078             | 0.072                  | 0.3018  | -0.103     | -0.220       | -0.068    | 0.010 | -0.148         | -0.065         | 1              |       |    |
| IH                     | 0.425  | -0.187             | -0.299                 | -0.305  | 0.116      | -0.242       | -0.460    | 0.568 | 0.500          | 0.739          | -0.168         | 1     |    |
| IO                     | -0.271 | 0.601              | 0.375                  | -0.136  | 0.486      | 0.102        | -0.287    | 0.223 | 0.036          | 0.174          | 0.058          | 0.038 | 1  |

Ao analisar os coeficientes de correlação de Pearson obtidos entre os parâmetros, fica evidente uma correlação positiva muito forte entre os valores de COT e S<sub>2</sub>. Isso indica uma forte dependência da geração de hidrocarbonetos em relação ao teor de COT e é corroborado por fortes correlações entre COT e S<sub>1</sub>, e entre S<sub>1</sub> e S<sub>2</sub>. A forte correlação positiva entre o IH e o índice S<sub>2</sub> indica que as amostras com valores mais elevados de IH contêm matéria orgânica de melhor qualidade. Além disso, nas amostras estudadas aqui, os hidrocarbonetos livres (S<sub>1</sub>) e o potencial de geração (S<sub>2</sub>) apresentam uma forte correlação positiva, bem como uma forte correlação com oIH, confirmando assim que quanto maior a quantidade de hidrogênio presente na matéria orgânica, maior o potencial de geração das amostras.

As fortes correlações entre a MOA e os valores de COT, S<sub>1</sub> e S<sub>2</sub> sugerem que o material orgânico responsável pela geração de hidrocarbonetos tem a matéria orgânica amorfa como uma de suas principais fontes. Por outro lado, os níveis de MOA e palinomorfos apresentam uma correlação inversa muito forte (-0,992), sugerindo que a MOA pode ser derivada da degradação dos palinomorfos. Isso pode ser confirmado pelas variações no MOA e nos palinomorfos nos dois grupos de amostras (RR05 e RR09), conforme visualizado na Figura 7. Os palinomorfos são subdivididos em miosporos, acritarcos, prasinofitos e zoomorfos. Todos apresentaram correlações negativas com o MOA. Entre eles, os prasinófitos foram os que exerceram maior influência na correlação final, apresentando uma forte correlação inversa (-0,737). Além disso, verificou-se que existe uma forte correlação positiva entre fitoclastos opacos e não opacos, uma vez que ambos indicam uma maior contribuição continental.

#### 4. Conclusões

Todas as amostras dos afloramentos estudados (RR05 e RR09) apresentam teores de COT (carbono orgânico total) elevados a excelentes, potencial de geração de hidrocarbonetos moderado a excelente (S<sub>2</sub>), com predominância de querogênio do tipo II. As amostras também exibem baixa maturidade térmica (T<sub>max</sub> <440 °C), o que é corroborado pela coloração fluorescente (amarelada-esverdeada) dos prasinofitos e acritarcos.

A análise palinofacies quantitativa dos principais componentes orgânicos da matéria orgânica demonstrou a presença e abundância de matéria orgânica amorfa (MOA) e palinomorfos, além de quantidades subordinadas de fitoclastos. Além disso, as amostras mostraram uma predominância de componentes marinhos (acritarcos e prasinofitos) sobre os componentes terrestres (miosporos e fitoclastos), refletindo a deposição em condições dominadas pelo ambiente marinho.

A estatística multivariada mostrou-se eficiente para a interpretação e correlação dos dados. A análise de componentes principais (PCA) indicou uma predominância de dois grupos principais, um relacionado à maior significância da MOA e o outro à maior significância dos palinomorfos.

A análise de agrupamentos definiu duas palinofacies, denominadas PAL-I e PAL-II, que estão relacionadas a dois intervalos estratigráficos distintos, impulsionados por oscilações do nível do mar associadas a ciclos transgressivos/regressivos dentro da bacia.

As amostras de PAL-I apresentam principalmente uma alta concentração de MOA, e as de PAL-II têm uma maior contribuição de palinóforos marinhos e terrestres.

As características dos componentes orgânicos e das palinofácies geradas indicam que as amostras estudadas foram depositadas em um ambiente predominantemente marinho, com diferentes níveis de contribuições terrestres ao longo dos afloramentos. O paleoambiente de deposição das amostras foi classificado como uma plataforma distal disóxica-anóxica para as amostras da palinofácies I e uma plataforma distal óxica-disóxica para as amostras da palinofácies II. Essas condições também sugerem variações na preservação da matéria orgânica, com melhor preservação da MOA em condições mais redutoras e degradação parcial dos palinóforos em intervalos relativamente mais oxigenados.

Os coeficientes de correlação de Pearson obtidos entre os parâmetros de pirólise do Rock-Eval e os componentes orgânicos mostram que há uma forte correlação entre a MOA e os valores de COT, S1 e S2, o que indica que a matéria orgânica amorfa é uma das principais fontes de material orgânico que gera hidrocarbonetos. Há também uma forte correlação negativa entre os níveis de MOA e palinóforos, confirmando que a MOA pode ser formada pela degradação de palinóforos.

De modo geral, a integração de parâmetros geoquímicos orgânicos e da análise de palinofácies permitiu uma caracterização detalhada da qualidade, do tipo e do estado de preservação da matéria orgânica, bem como de seu contexto paleoambiental. Esses resultados destacam não apenas o ambiente de deposição predominantemente marinho, influenciado pelas flutuações do nível do mar, mas também reforçam o potencial de geração de hidrocarbonetos da sucessão estudada na Bacia do Amazonas.

### Agradecimentos

Esta pesquisa foi realizada com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001. Foi conduzida em associação com o projeto de P&D, registrado como ANP 20075-8, “Caracterização Molecular Avançada (UFBA/Shell Brasil/ANP)” e com o projeto “Pesquisa em Sistemas Petrolíferos de Bacias Sedimentares Brasileiras no Centro de Excelência em Geoquímica do Petróleo” no Instituto de Geociências da Universidade Federal da Bahia (UFBA) – GEOQPETROL-BS, que foi patrocinado pela Shell Brasil no âmbito da aplicação de recursos de P&D da ANP como parte do Compromisso de Investimento em Pesquisa e Desenvolvimento.

### Referências

ANDRADE, C. L. N.; CARDOSO, T. R. M.; SANTOS, R. R.; DINO, R.; MACHADO, A. J. Organic facies and palynology from the middle to late Devonian of the Pimenteiras Formation, Parnaíba Basin, Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 99, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2019.102481>.

CALDERÓN, S. M. *Geoquímica orgânica da Formação Barreirinha, Devoniano Superior da Bacia do Amazonas, município de Rurópolis, PA: implicações paleoambientais e avaliação do potencial gerador de hidrocarbonetos*. Dissertação (Mestrado em Geologia e Geoquímica) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2017. Disponível em: <http://repositorio.ufpa.br:8080/jspui/handle/2011/9431>.

CAPUTO, M. V. *Stratigraphy, tectonics, paleoclimatology and paleogeography of northern basins of Brazil*. 1984. Tese (Doutorado) – University of California, California, 1984. Disponível em: [http://repositorio.ufpa.br/jspui/bitstream/2011/8961/6/Tese\\_StratigraphyTectonicsPaleoclimatology.pdf](http://repositorio.ufpa.br/jspui/bitstream/2011/8961/6/Tese_StratigraphyTectonicsPaleoclimatology.pdf).

CAPUTO, M. V.; SOARES, E. A. A. Eustatic and tectonic change effects in the reversion of the transcontinental Amazon River drainage system. *Brazilian Journal of Geology*, v. 46, n. 2, p. 301–328, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2317-4889201620160066>.

CPRM – COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. *GeoSGB – dados, informações e produtos do Serviço Geológico do Brasil*. 2006. Disponível em: <http://geosgb.cprm.gov.br>.

CORRAR, L. J.; PAULO, E.; DIAS FILHO, J. M. *Análise multivariada: para os cursos de administração, ciências contábeis e economia*. São Paulo: Atlas, 2007. 541 p.

CUNHA, P. R. C. *Análise estratigráfica dos sedimentos eo/mesodevonianos da porção ocidental da Bacia do Amazonas sob a ótica da estratigrafia de seqüências no interior cratônico*. 2000. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Geologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/2657/000323981.pdf>.

CUNHA, P. R. C.; GONZAGA, F. G.; COUTINHO, L. F. C.; FEIJÓ, F. J. Bacia do Amazonas. *Boletim de Geociências da Petrobras*, v. 8, n. 1, p. 47–55, 1994.

CUNHA, P. R. C.; MELO, J. M.; SILVA, O. Bacia do Amazonas. *Boletim de Geociências da Petrobras*, v. 15, n. 2, p. 227–251, 2007.

ESPITALIÉ, J.; LAPORTE, J. L.; MADEC, M.; MARQUIS, F.; LEPAT, P.; PAULET, J.; BOUTEFEU, A. Méthode rapide de caractérisation des roches mère, de leur potentiel pétrolier et de leur degré d'évolution. *Revue de l'Institut Français du Pétrole*, v. 32, p. 23–42, 1977. Disponível em: <https://doi.org/10.2516/ogst:1977002>.

FERREIRA, A.; RIGUETI, A.; BASTOS, G. *Bacia do Amazonas*. Manaus: Superintendência de Definição de Blocos SDB – ANP, 2015. 14 p. Disponível em: [http://rodadas.anp.gov.br/arquivos/Round\\_13/areas\\_oferecidas\\_r13/Sumarios\\_Geologicos/Sumario\\_Geologico\\_Bacia\\_Amazonas\\_R13.pdf](http://rodadas.anp.gov.br/arquivos/Round_13/areas_oferecidas_r13/Sumarios_Geologicos/Sumario_Geologico_Bacia_Amazonas_R13.pdf).

GARCIA, P. H. *Geoquímica orgânica das Formações Ererê, Barreirinha e Curiri (meso e neo devoniano) em dois poços na porção oeste da Bacia do Amazonas*. 2014. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Análise de Bacias e Faixas Móveis, Faculdade de Geologia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014. 81 p.

GARSON, G. D. *Statnotes: topics in multivariate analysis*. 2009. Disponível em: <http://faculty.chass.ncsu.edu/garson/PA765/statnote.html>.

GÓES, V. C. M.; COSTA, A. B.; CERQUEIRA, J. R.; ABREU, N. C.; SILVA, A. S.; MIRANDA, F. L. C.; QUEIROZ, A. F. S.; RIBEIRO, H. J. P. S. Potencial gerador e maturidade térmica dos folhelhos da Formação Barreirinha, borda sul da Bacia do Amazonas, Brasil. *Geologia USP Série Científica*, v. 21, n. 3, p. 3–17, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9095.v21-171844>.

GÓES, V. C. M.; COSTA, A. B.; ANDRADE, C. L. N.; CERQUEIRA, J. R.; SILVA, A. S.; GARCIA, K. S.; QUEIROZ, A. F. S.; RIBEIRO, H. J. P. S.; DINO, R. Hydrocarbon source potential and paleodepositional environment of the Devonian Barreirinha Formation on the south edge of the Amazonas Basin, Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 115, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2022.103722>.

GONZÁLES, L. D. C.; MASTALERZ, M.; MENDONÇA FILHO, J. G. Application of organic facies and biomarkers in characterization of paleoenvironmental conditions and maturity of sediments from the Codó Formation in the west-central part of the São Luís Basin, Brazil. *International Journal of Coal Geology*, v. 225, 2020b. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.coal.2020.103482>.

GONZÁLES, L. D. C.; MENDONÇA FILHO, J. G.; MASTALERZ, M. Depositional environment and maturity of Devonian Pimenteiras Formation in the São Luís Basin, Brazil. *International Journal of Coal Geology*, v. 221, 2020a. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.coal.2020.103429>.

GRAHN, Y. Ordovician chitinozoa and biostratigraphy of Brazil. *Geobios*, v. 25, n. 6, p. 703–723, 1992. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0016-6995\(92\)80052-F](https://doi.org/10.1016/S0016-6995(92)80052-F).

GRAHN, Y.; MELO, J. H. G. Integrated Middle Devonian chitinozoan and miospore zonation of the Amazonas Basin, northern Brazil. *Revue de Micropaléontologie*, v. 47, n. 2, p. 71–85, 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.revmic.2004.03.001>.

GRAHN, Y.; PEREIRA, E.; BERGAMASCHI, S. Silurian and Lower Devonian chitinozoan biostratigraphy of the Paraná Basin in Brazil and Paraguay. *Palynology*, v. 24, p. 143–172, 2000. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/01916122.2000.9989542>.

KABANOV, P.; JIANG, C. Photic-zone euxinia and anoxic events in a Middle–Late Devonian shelfal sea of Panthalassan continental margin, NW Canada: changing paradigm of Devonian Ocean and sea level fluctuations. *Global and Planetary Change*, v. 188, p. 103153, 2020.

KALKREUTH, W.; HOLZ, M.; KERN, M.; MACHADO, G.; MEXIAS, A.; SILVA, M. B.; WILLETT, J.; FINKELMAN, R.; BURGER, H. Petrology and chemistry of Permian coals from the Paraná Basin: Santa Terezinha, Leão-Butiá and Candiota Coalfields, Rio Grande do Sul, Brazil. *International Journal of Coal Geology*, v. 68, p. 79–116, 2006.

KILLOPS, S.; KILLOPS, V. *Introduction to organic geochemistry*. 2. ed. Oxford: Blackwell Science, 2005. 393 p.

KILLOPS, S. D.; FREWIN, N. L. Triterpenoid diagenesis and cuticular preservation. *Organic Geochemistry*, v. 21, n. 12, p. 1193–1209, 1994. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/0146-6380\(94\)90163-5](https://doi.org/10.1016/0146-6380(94)90163-5).

KOZAK, M. What is strong correlation? *Teaching Statistics*, v. 31, p. 85–86, 2009.

LAFARGUE, E.; MARQUIS, F.; PILLOT, D. Rock-Eval 6 applications in hydrocarbon exploration, production, and soil contamination studies. *Revue de l'Institut Français du Pétrole*, v. 53, n. 4, p. 421–437, 1998. Disponível em: <https://doi.org/10.2516/ogst:1998036>.

LOBOZIAK, S.; MELO, J. H. G.; MATSUDA, N. S.; QUADROS, L. P. Miospore biostratigraphy of the type Barreirinha Formation (Curuá Group, Upper Devonian) in the Tapajós River area, Amazon Basin, North Brazil. *Bulletin des Centres de Recherches Exploration-Production Elf Aquitaine*, v. 21, p. 187–205, 1997.

MENDONÇA FILHO, J. G.; GONÇALVES, P. A. Organic matter: concepts and definitions. In: SUÁREZ-RUIZ, I.; MENDONÇA FILHO, J. G. (org.). *Geology: current and future developments – the role of organic petrology in the exploration of conventional and unconventional hydrocarbon systems*. United Arab Emirates: Bentham Science, 2017. v. 1, p. 1–33.

MENDONÇA FILHO, J. G.; MENEZES, T. R.; MENDONÇA, J. O. Organic composition (palynofacies analysis). In: ICCP TRAINING COURSE ON DISPERSED ORGANIC MATTER, 2011, p. 33–81.

MENDONÇA FILHO, J. G.; MENEZES, T. R.; MENDONÇA, J. O.; OLIVEIRA, A. D.; CARVALHO, M. A.; SANT'ANNA, A. J.; SOUZA, J. T. Palinofácies. In: CARVALHO, I. S. (org.). *Paleontologia*. Rio de Janeiro: Interciência, 2010. v. 2, p. 379–413.

MILANI, E. J.; RANGEL, H. D.; BUENO, G. V.; STICA, J. M.; WINTER, W. R.; CAIXETA, J. M.; PESSOA NETO, O. C. Bacias sedimentares brasileiras – cartas estratigráficas. *Boletim de Geociências da Petrobras*, v. 15, p. 183–205, 2007.

MOORE, D. S. *The basic practice of statistics*. New York: Freeman, 2007.

PETERS, K. E.; CASSA, M. R. Applied source rock geochemistry. In: MAGOON, L. B.; DOW, W. G. (ed.). *The petroleum system: from source to trap*. Tulsa: American Association of Petroleum Geologists, 1994. p. 93–120.

POGGIO, C. A.; JESUS, G. C.; QUEIROZ, A. F. S.; MARTINS, C. M. S.; SILVA JUNIOR, J. B. Estudo analítico aplicado ao procedimento de isolamento do querogênio em amostras de rochas com potencial gerador de hidrocarbonetos. *Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ*, v. 42, p. 346–354, 2019. Disponível em: [https://doi.org/10.11137/2019\\_1\\_346\\_354](https://doi.org/10.11137/2019_1_346_354).

SEDAT, I.; FARIBORZ, G.; ANDREAS, S. M.; KHALED, A.; SALMAN, Q.; OMID, H. A.; TULAY, I.; AMER, A. T. The Silurian Qusaiba hot shales of Saudi Arabia: an integrated assessment of thermal maturity. *International Journal of Coal Geology*, v. 159, p. 107–119, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.coal.2016.04.004>.

SOUZA, I. M. F.; CERQUEIRA, J. R.; GARCIA, K. S.; RIBEIRO, H. J. P. S.; OLIVEIRA, O. M. C.; QUEIROZ, A. F. S.; TEIXEIRA, L. S. G. Geochemical characterization and origin of kerogens from source-rock of Devonian in the Amazonas Basin, Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 111, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2021.103437>.

SOUZA, I. V. A. F. *Faciologia orgânica de seções devonianas da Bacia do Parnaíba (Formação Pimenteira): implicações para geração de petróleo*. 2007. Monografia – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007. 182 p.

SOUZA, M. S. P.; MAULLER, P. M.; CARDOSO, T. R.; RODRIGUES, R.; PEREIRA, E. Caracterização geoquímica e bioestratigráfica das superfícies de inundação marinha da seção meso-neodevonianiana, na região de Dom Aquino (MT), noroeste da Bacia do Paraná, Brasil. *Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ*, v. 36, n. 1, p. 15–25, 2013. Disponível em: [https://doi.org/10.11137/2013\\_1\\_15\\_25](https://doi.org/10.11137/2013_1_15_25).

TISSOT, B.; WELTE, D. H. *Petroleum formation and occurrence*. 2. ed. Heidelberg: Springer-Verlag, 1984. 699 p.

TRINDADE, V. S. F.; CARVALHO, M. A. Paleoenvironment reconstruction of Parnaíba Basin (north Brazil) using indicator species analysis (IndVal) of Devonian microphytoplankton. *Marine Micropaleontology*, v. 140, p. 69–80, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.marmicro.2018.02.003>.

TRINDADE, V. S. F.; CARVALHO, M. A.; BORGHI, L. Palynofacies patterns of the Devonian of the Parnaíba Basin, Brazil: paleoenvironmental implications. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 61, p. 164–175, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2015.06.001>.

TYSON, R. V. *Sedimentary organic matter: organic facies and palynofacies*. London: Chapman & Hall, 1995. 615 p.